



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002162460 A**(43) Date of publication of application: **07.06.02**

(51) Int. Cl.

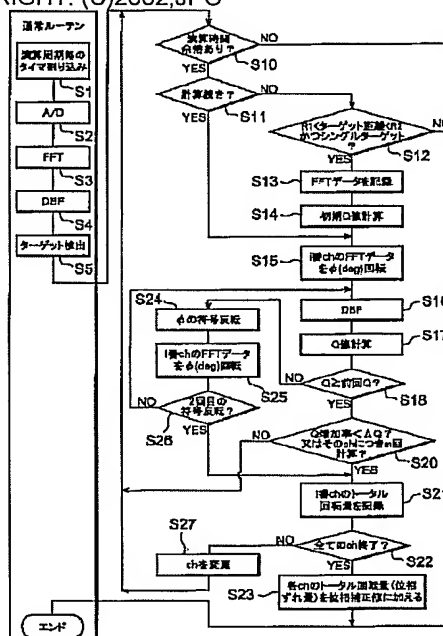
G01S 7/02**G01S 7/40****G01S 13/34**(21) Application number: **2000357950**(71) Applicant: **TOYOTA MOTOR CORP**(22) Date of filing: **24.11.00**(72) Inventor: **KAWAKUBO JUNJI**(54) **DBF RADAR DEVICE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a DBF radar device, capable of executing phase correction of each element antenna, without having to use a special device.

SOLUTION: This DBF radar device is equipped with a phase correction means. The phase correction means repeatedly carries out phase rotation processing of beat frequency data and DBF composite operation processing, relative to one selected element antenna channel concerning the beat frequency data relative to a detected prescribed target; determines a signal level profile in the scanning direction, in each DBF composite operation processing; calculates a Q-value for showing sharpness of a peak shape appearing in the profile; and corrects phase shift by using the total phase rotation quantity calculated, when the increase rate of the Q-value becomes smaller than a prescribed value, or when the number of times of calculation of the Q-value exceeds a prescribed value as a phase correction value for the selected element antenna channel.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-162460

(P2002-162460A)

(43) 公開日 平成14年6月7日 (2002.6.7)

(51) Int.Cl.⁷G 0 1 S 7/02
7/40
13/34

識別記号

F I

G 0 1 S 7/02
7/40
13/34

テーマコード (参考)

F 5 J 0 7 0
C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-357950 (P2000-357950)

(22) 出願日 平成12年11月24日 (2000.11.24)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 川久保 淳史

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外1名)

Fターム (参考) 5J070 AB17 AC01 AC06 AD06 AD09

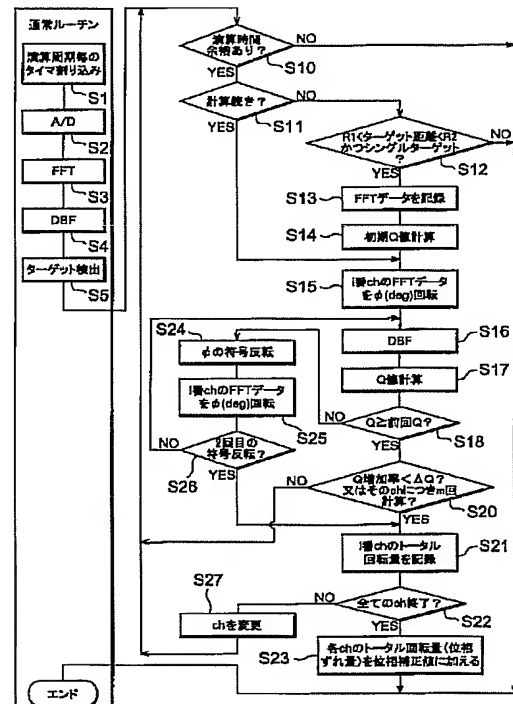
AH31 AH35 AK22 AK32 BA01

(54) 【発明の名称】 DBFレーダ装置

(57) 【要約】

【課題】 素子アンテナ別の位相補正を特殊な装置を用いることなく行うことができるDBFレーダ装置を提供すること。

【解決手段】 本発明のDBFレーダ装置は位相補正手段を備えており、その位相補正手段は、検出された所定のターゲットに関するビート周波数データについて、選択された一つの素子アンテナチャンネルに関するビート周波数データの位相回転処理およびDBF合成演算処理を繰り返し実行し、DBF合成演算処理毎に走査方向の信号レベルプロファイルを求めそのプロファイルに現れるピーク形状の鋭さであるQ値を算出し、Q値の増加率が所定値未満となったときまたはQ値の算出回数が所定値を越えたときの合計位相回転量を選択された素子アンテナチャンネルの位相補正值として位相ズレの補正を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の素子アンテナを有する受信アンテナを有し、前記各素子アンテナで受信した信号に送信信号をミキシングしてビート信号を生成し、前記ビート信号を A/D 変換してデジタルビート信号とし、前記デジタルビート信号をビート周波数データにフーリエ変換し、前記素子アンテナ毎のビート周波数データに DBF 合成演算処理を施して複数のレーダビームを電子的に生成することによりレーダビーム走査を行いターゲットの位置及び速度の検出を行う DBF レーダ装置において、前記各素子アンテナで受信した信号をそれぞれ伝達する各素子アンテナチャネルでの位相ズレを補正する位相補正手段を備え、

前記位相補正手段は、

検出された所定のターゲットに関するビート周波数データについて、選択された一つの素子アンテナチャネルに関するビート周波数データの位相回転処理および DBF 合成演算処理を繰り返し実行し、前記 DBF 合成演算処理毎に走査方向の信号レベルプロファイルを求めそのプロファイルに現れるピーク形状の鋭さを反映する鋭さ反映値を算出し、前記鋭さ反映値の増加率が所定値未満となったときまたは前記鋭さ反映値の算出回数が所定値を越えたときの合計位相回転量を前記選択された素子アンテナチャネルの位相補正值としてターゲット検出処理時の位相補正を行うことを特徴とする DBF レーダ装置。

【請求項 2】 前記位相補正手段における第 1 回目の位相回転処理では位相回転量を零とすることを特徴とする請求項 1 に記載の DBF レーダ装置。

【請求項 3】 前記所定のターゲットは単一であり、前記位相補正手段は、前記所定のターゲットに関するビート周波数データに基づいて、前記複数の素子アンテナチャネルに関する位相補正值を算出しターゲット検出処理時の位相補正を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の DBF レーダ装置。

【請求項 4】 前記所定のターゲットは前記位相補正手段において生成される前記レーダビームの幅に対して十分小さい一つのターゲットであることを特徴とする請求項 3 に記載の DBF レーダ装置。

【請求項 5】 前記所定のターゲットは所定の距離範囲に存在するターゲットであることを特徴とする請求項 4 に記載の DBF レーダ装置。

【請求項 6】 前記鋭さ反映値が前回処理において算出した鋭さ反映値よりも減少したときには、前記位相回転処理での位相回転方向を逆転させることを特徴とする請求項 3 に記載の DBF レーダ装置。

【請求項 7】 前記所定のターゲットのビート周波数データに基づく前記複数の素子アンテナチャネルの位相補正処理は、前記ターゲット検出処理の演算周期内の余裕時間に前記ターゲット検出処理に用いる CPU を用いて実行されるものであり、前記余裕時間内に完了しなかつ

た場合に中断され、次の前記演算周期内の余裕時間において再開することを特徴とする請求項 3～7 のいずれか一項に記載の DBF レーダ装置。

【請求項 8】 前記鋭さ反映値が Q 値であり、前記 Q 値は前記走査方向プロファイルに現れるピーク形状について、ピークの頂点から所定レベル値 P だけ下がったところのピーク幅を W としたときの P/W であることを特徴とする請求項 1～7 に記載の DBF レーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、複数の素子アンテナを有する受信アレーアンテナを備えた DBF（ディジタル・ビーム・フォーミング）レーダ装置に関するものであり、特に、各素子アンテナにおけるチャネル毎の位相ズレを補正することができる DBF レーダ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 DBF レーダ装置では、素子アンテナチャネル毎に経年変化による素子の劣化や環境温度変化等に起因する位相ズレが生じる。この位相ズレを放置したまま DBF 合成を行うと、合成結果の走査方向プロファイルが崩れたり、サイドローブレベルが上昇するなどの悪影響が生じて、レーダとしての性能劣化を引き起こす。そこで、DBF レーダ装置では、位相ズレの補正を行うことが検討されている。

【0003】 素子アンテナチャネル毎の位相ズレを補正する技術として、特開平 11-97922 号公報に開示されたものがある。この従来技術によると、リファレンス信号発生器を用意し、そこから発生した信号を調整用アンテナから送信し、それを各アンテナ素子で受信し、その結果を用いて位相補正を行う。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、この従来技術によれば、リファレンス信号発生器や調整用アンテナをレーダ装置本体とは別に用意する必要がある。また、この従来技術では、調整用アンテナから送信されたリファレンス信号を受信アンテナで直接受信し、得られた受信信号を利用して位相ズレを検出するので、点検整備などの機会にしか位相補正をすることができず、レーダ装置の通常使用時に位相補正を行うことができない。

【0005】 そこで、特別なハード構成を必要とせず、しかも、レーダ装置の通常使用時に素子アンテナチャネルの位相補正が可能なレーダ装置が求められていた。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の DBF レーダ装置は、このような課題を解決するためになされたものであり、複数の素子アンテナを有する受信アンテナを有し、各素子アンテナで受信した信号に送信信号をミキシングしてビート信号を生成し、ビート信号を A/D 変換してデジタルビート信号とし、デジタルビート信号をビ

ート周波数データにフーリエ変換し、素子アンテナ毎のビート周波数データにDBF合成演算処理を施して複数のレーダビームを電子的に生成することによりレーダビーム走査を行いターゲットの位置及び速度の検出を行うDBFレーダ装置において、各素子アンテナで受信した信号をそれぞれ伝達する各素子アンテナチャネルでの位相ズレを補正する位相補正手段を備え、その位相補正手段は、検出された所定のターゲットに関するビート周波数データについて、選択された一つの素子アンテナチャネルに関するビート周波数データの位相回転処理およびDBF合成演算処理を繰り返し実行し、DBF合成演算処理毎に走査方向の信号レベルプロファイルを求めそのプロファイルに現れるピーク形状の鋭さである鋭さ反映値を算出し、その鋭さ反映値の増加率が所定値未満となったときまたは鋭さ反映値の算出回数が所定値を越えたときの合計位相回転量を選択された素子アンテナチャネルの位相補正值として位相ズレの補正を行うことを特徴とする。

【0007】位相補正手段は、一つの素子アンテナチャネルのビート周波数データについて位相を少しずつ回転させながらその都度、他の素子アンテナチャネルのビート周波数データと共にDBF合成演算処理を実行し、走査方向の信号レベルプロファイルに現れるピーク形状の鋭さ反映値を順次比較する。鋭さ反映値の増加率が所定値未満となったときまたは鋭さ反映値の算出回数が所定値を越えたとき、その鋭さ反映値は最大値またはそれに近い値となっていると推定することができる。鋭さ反映値が大きいくほど、位相ズレに対する補正が適正に行われていると言えるので、このときの合計位相回転量をその素子アンテナチャネルの位相補正值としてターゲット検出処理時の位相補正を行えば、ターゲット検出精度を高めることができる。

【0008】しかも、通常のレーダ装置使用時において検出されたターゲットに関するビート周波数データを利用するので、位相補正のためだけの特殊なハード構成が不要であり、しかも、実施機会が点検整備時に限定されない。

【0009】位相補正処理のために選択されたターゲットは、レーダビームの幅に対して十分に小さく、所定の距離範囲に存在するものであることが望ましい。

【0010】このような条件のターゲットによれば、走査方向の信号レベルプロファイルに現れるピーク形状の鋭さであるQ値が大きくなり、高い補正精度が得られる。

【0011】また、鋭さ反映値が前回処理において算出したQ値よりも減少したときには、位相回転処理での位相回転方向を逆転させるという簡単な処理で、鋭さ反映値を増加させる可能性が生じる。

【0012】さらに、位相補正処理は、ターゲット検出処理の演算周期内の余裕時間にターゲット検出処理に用

いるCPUを用いて実行されるものであり、所定のターゲットのビート周波数データに基づく位相補正処理が演算周期内の余裕時間内に完了しなかった場合には一旦中断され、次の演算周期内の余裕時間において再開することが望ましい。

【0013】ターゲット検出処理時間はターゲットの数によって変動するため、演算周期にはその変動を許容するための余裕時間が確保されている。この余裕時間に位相補正処理を実行することにより、CPUをターゲット検出処理と兼用することができる。特に、位相補正処理が一の余裕時間内で完了しない場合には、一時的に中断した後に次の演算周期における余裕時間で再開し、適宜これを繰り返せば、ターゲット検出処理の実行を妨げずに位相補正処理ができる。

【0014】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施形態であるDBFレーダ装置の構成を示すブロック図である。このレーダ装置は、ターゲット方位を検出するためにデジタル・ビーム・フォーミング技術によるアンテナビームの形成および走査を行うDBFレーダ装置であると共に、連続波(CW)に周波数変調(FM)を掛けた送信信号を用いるFM-CWレーダ装置でもある。

【0015】このレーダ装置は、受信アンテナとして複数の素子アンテナを有するアレーアンテナが用いられ、各素子アンテナで受信した受信信号に対して適当な移相処理を施して合成することにより所望の方位にアンテナビームを形成することができる。そして、所望の方位を順にずらしてゆけばビーム走査が達成される。素子アンテナ別の受信信号移相処理および合成処理はデジタル演算により行われる。すなわち、デジタル・ビーム・フォーミング(DBF)技術を用いてアンテナビームの形成および走査が電子的に行われる。

【0016】このレーダ装置は、送信部1、受信用アレーアンテナ2、受信部4、およびデジタル信号処理部5を備えている。

【0017】送信部1は、中心周波数が f_0 （たとえば76GHz）の電圧制御型発振器(VCO)11と、バッファンプ12と、送信アンテナ13と、RFアンプ14と、分配器15とを備えている。VCO11は、図示省略した変調制御手段から出力される制御電圧によって、 $f_0 \pm \Delta F/2$ の三角波周波数変調された被変調波（送信信号）を出力する。被変調波はバッファンプ12で増幅され、送信アンテナ13から電磁波として広範囲に放射される。なお、分配器15で分波された送信信号の一部はRFアンプ14で増幅され受信検波用のローカル信号として出力される。

【0018】受信用アレーアンテナ2は n 個の素子アンテナ21(1)～21(n)を備え、受信用アレーアンテナ2の後方には受信部4が設けられている。各素子アンテナに付された符号の括弧内の数字はそれぞれの素子

アンテナに付された序数であり、たとえば、素子アンテナ 2 1 (1) は第 1 の素子アンテナを意味する。

【0 0 1 9】受信部 4 は、RF アンプ 4 1 (1) ~ 4 1 (n)、ミキサ 4 2 (1) ~ 4 2 (n)、アンプ 4 3 (1) ~ 4 3 (n)、フィルタ 4 4 (1) ~ 4 4 (n) および A/D 変換器 4 5 (1) ~ 4 5 (n) を備えている。

【0 0 2 0】これらの符号に付された括弧内の数字は、素子アンテナ 2 1 (1) ~ 2 1 (n) の括弧内の数字と対応がとれている。各素子アンテナからデジタル信号処理部 5 に至るまでの素子アンテナ別の経路を、ここではその素子アンテナについての素子アンテナチャネルと呼び、特に、受信信号がキャリア成分を含んだ状態で伝達される素子アンテナ 2 1 (1) ~ 2 1 (n) からミキサ 4 2 (1) ~ 4 2 (n) までの個々の経路を狭義の素子アンテナチャネルと呼ぶことにする。

【0 0 2 1】各素子アンテナ 2 1 (1) ~ 2 1 (n) で受信した信号は、それぞれ、RF アンプ 4 1 (1) ~ 4 1 (n) で増幅され、ミキサ 4 2 (1) ~ 4 2 (n) で RF アンプ 1 4 からの送信信号の一部とミキシングされる。このミキシングにより各受信信号はダウンコンバートされ、送信信号と受信信号との差信号であるビート信号が素子アンテナ別に生成される。素子アンテナ別ビート信号は、フィルタ 4 4 (1) ~ 4 4 (n) でノイズ除去された後、A/D 変換器 4 5 (1) ~ 4 5 (n) によって素子アンテナ別のデジタルビート信号に変換される。

【0 0 2 2】デジタル信号処理部 5 は、A/D 変換器 4 5 (1) ~ 4 5 (n) からそれぞれ素子アンテナ毎のデジタルビート信号を入力し、一時的に記憶する。このようにして得られた素子アンテナチャネル別デジタルビート信号に対して種々の処理を施してターゲット情報すなわちターゲットの距離、相対速度、方位、幅等を取得する。

【0 0 2 3】距離および相対速度については通常の FM-CW レーダ装置の探知原理により取得する。また、方位については、DBF 技術によるアンテナビームの電子走査により取得する。

【0 0 2 4】また、デジタル信号処理部 5 は位相補正手段としても動作する。位相補正手段は、検出された所定のターゲットに関するビート周波数データを用いて、各素子アンテナチャネルでの位相ズレを補正するための位相補正值を算出し、この位相補正值を用いてターゲット検出処理の際の位相補正を行う。

【0 0 2 5】つぎに、デジタル信号処理部 5 における動作を図 2 に示すフローチャートと共に説明する。

【0 0 2 6】ステップ S 1 ~ ステップ S 5 は、ターゲット検出処理に関する通常ルーチンである。ステップ S 1 で、ターゲット検出処理を実行するためのタイマ割り込みが行われる。ターゲット検出処理の演算周期の一例と

して、ここでは、1 0 0 m s の演算周期が設定されており、1 0 0 m s 毎にこのタイマ割り込みが行われる。1 0 0 m s の間にステップ S 2 ~ ステップ S 5 が順に実行され、残余の時間が位相補正処理に用いられる余裕時間となる。

【0 0 2 7】ステップ S 2 では、A/D 変換器 4 5 (1) ~ 4 5 (n) から出力されるデジタルビート信号の取り込みが素子アンテナチャネル別に行われ、記憶される。ここでのデジタルビート信号は送信信号の変調周期の一周期である周波数増加区間（アップ区間）と周波数減少区間（ダウン区間）の両区間に亘っている。

【0 0 2 8】ステップ S 3 では、記憶された素子アンテナチャネル別デジタルビート信号に対して高速フーリエ変換（FFT）を施して、素子アンテナチャネル別にビート周波数データを取得する。

【0 0 2 9】ステップ S 4 では素子アンテナチャネル別ビート周波数データに対して DBF 合成演算処理を実行し、複数方向へのアンテナビームを生成し、実質的なアンテナビーム走査を電子的に実行する。

【0 0 3 0】ステップ S 5 では、ステップ S 4 でのビーム走査結果に基づいてターゲットを検出する。ターゲットの距離および相対速度は、FM-CW レーダの検出原理に基づいて取得される。

【0 0 3 1】すなわち、変調サイクルのアップ区間およびダウン区間のビート周波数 f_{b1} および f_{b2} を次式 (1) (2) に代入してターゲットの相対速度が零のときのビート周波数 f_r および相対速度に基づくドップラ周波数 f_d を求め、 f_r および f_d を次式 (3) (4) に代入してターゲットの距離 R と速度 V を求める。

【0 0 3 2】

$$f_r = (f_{b1} + f_{b2}) / 2 \quad \cdots (1)$$

$$f_d = (f_{b2} - f_{b1}) / 2 \quad \cdots (2)$$

$$R = (C / (4 \cdot \Delta F \cdot f_m)) \cdot f_r \quad \cdots (3)$$

$$V = (C / (2 \cdot f_0)) \cdot f_d \quad \cdots (4)$$

ここに、 C は光の速度である。

【0 0 3 3】ここまでの処理が終了すると、ステップ S 1 のタイマ割り込みが為されてから 1 0 0 m s が経過するときまでの間、ステップ S 1 0 以降の位相補正処理が実行される。

【0 0 3 4】ステップ S 1 0 では、ステップ S 1 ~ ステップ S 5 によるターゲット検出処理において残った余裕時間が、位相補正処理における一区切りの処理を実行できる時間か否かを判断する。一区切りの処理に要する時間としてどの程度の時間を設定するかは、後に実行される DBF 演算時間や Q 値算出時間に応じて予め決めておく。演算時間余裕がないと判断した場合は、位相補正処理をすることなくターゲット検出処理を終了し、次のタイマ割り込みを待つ。

【0 0 3 5】一方、演算時間余裕があると判断した場合にはステップ S 1 1 に移行し、これから実行しようとする

る計算が前回の演算周期において為された位相補正処理の続きか否かを判断する。ステップS11において否定された場合、すなわち、新規の位相補正処理を実行しようとする場合にはステップS12に移行する。

【0036】ステップS12では、ステップS5で検出されたターゲットの中から、ターゲット距離がR1よりも大きくR2よりも小さい範囲にあり、しかも、同一距離に複数存在していないターゲットを選択する。この条件を満たすターゲットが存在しない場合は、位相補正処理を行わずにターゲット検出処理を終了し、次のタイマ割り込みを待つ。上記の条件を満たすターゲットが選択された場合は、ステップS13に移行する。

【0037】ターゲットが近すぎると、ターゲット幅がレーダビーム幅に比べて大きなものとなってしまう、仮にターゲットを精度良く検出できたとしても走査方向の信号レベルプロファイル中に急峻なピークを得ることができない。このようなターゲットデータでは、後述の位相補正処理を有効に実施できない。そのため、ターゲット距離がR1よりも大きいことを条件としている。

【0038】また、ターゲットが遠すぎると受信レベルが低くなりS/Nが悪化する。S/Nの悪いターゲットデータを利用して位相補正処理を実行したのでは、精度の良い位相補正值を得ることができない。そのため、ターゲット距離がR2よりも小さいことを条件としている。R1およびR2は予め定めておく。

【0039】ステップS13では、選択したターゲットに対応する素子アンテナチャネル別のビート周波数データ、すなわち素子アンテナチャネル別のビート信号をFFT演算によりフーリエ変換したデータ（FFTデータ）を記録する。

【0040】続いて、ステップS14では、記録されたビート周波数データを用いてDBF合成演算処理を行って電子ビーム走査を実行する。一つのターゲットに関するビート周波数データが用いられるので、その周波数における走査方向プロファイルが取得できる。そして、走査方向プロファイルに現れるピーク形状の鋭さを反映する鋭さ反映値であるQ値を求め、初期Q値を算出する。

【0041】図3は走査方向プロファイルの一例を示すグラフである。たとえば、実線31に示すようなピーク形状が得られる。ここでは、ピークの頂点から所定レベル値Pだけ下がったところのピーク幅Wを求め、 P/W の値をQ値とする。

【0042】つぎにステップS15では、選択された一つの素子アンテナチャネルについてのビート周波数データを予め設定した位相回転量 ϕ (deg)だけ位相回転させる。新規の位相補正処理として初めての場合は、第1の素子アンテナ21(1)についてのビート周波数データを ϕ だけ位相回転させる。 ϕ の値は、温度や経年変化により生じると予想される位相ズレ量の数分の一程度が望ましい。

【0043】ステップS16では、ステップS15で一つの素子アンテナチャネルについて位相回転したビート周波数データを含む全素子アンテナチャネルのビート周波数データを用いてDBF合成演算を行い、ステップS17でその結果の走査方向プロファイルから、Q値を計算する。

【0044】ステップS18では、ステップS17で算出したQ値と前回算出したQ値（前回Q値）とを比較する。前回Q値とは、今回のステップS17に最も近い過去に実施されたステップS17で算出されたQ値のことである。ただし、例外的に新規の位相補正処理として最初に行う比較処理のときは、ステップS14で算出されたQ値が前回Q値となる。ここで、Q値が前回Q値よりも大きければ、ステップS20に移行する。

【0045】図3に位相回転処理前後の走査方向プロファイルの一例を示す。図3において、実線31のプロファイルが位相回転処理前のものであり、破線32のプロファイルが位相回転処理後のものである。前回プロファイル31のピーク幅Wと今回プロファイル32のピーク幅W'とを比較すると $W > W'$ であり、定義から $P = P'$ であるから、 $(P'/W') > (P/W)$ となり、この例ではQ値が前回Q値よりも大きい。

【0046】ステップS20では、Q値の前回Q値に対する増加率（Q増加率）が予め設定された ΔQ よりも小さいか否か、または、同一の素子アンテナチャネルについてのステップS15からこのステップS20までの一連の処理が予め設定した回数（m回）に達したか否かを判断する。

【0047】Q増加率が ΔQ よりも小さいときには、その素子アンテナチャネルについては、ビート周波数データをこれ以上位相回転してもQ値の増加は望めないことを意味する。換言すると、その素子アンテナチャネルのビート周波数データの位相補正がその時点で適正に行われたことを示している。また、その素子アンテナチャネルに関するビート周波数データの位相回転をm回行った場合には、Q値の増加が飽和状態に近づいていると推定できる。

【0048】したがって、ステップS20で肯定されたときには、その素子アンテナチャネルのビート周波数データについて適正な位相補正が完了したものとして、ステップS21に移行してその素子アンテナチャネルに関する合計位相回転量を記憶する。合計位相回転量はその素子アンテナチャネルについての位相補正值に他ならない。

【0049】ステップS20で否定されたときには、すなわち、Q値の増加率が ΔQ よりも大きい場合は、その素子アンテナチャネルのビート周波数データについて再度位相回転を行うことにより、さらなるQ値の増加が見込めると推定できる。したがって、ステップS10へ戻り、演算時間余裕があればステップS11からステッ

ブS 1 5へ移行してさらに ϕ だけ位相回転が行われる。

【0 0 5 0】ステップS 2 1の後、ステップS 2 2に移行して基準素子アンテナチャネルを除くすべての素子アンテナチャネルに関する位相補正值の取得が完了したか否かを判断し、すべての素子アンテナチャネルについて完了したときには、各素子アンテナチャネル別ビート周波数データに対する合計位相回転量を、各素子アンテナチャネルの位相補正值に加える。これにより、以後のターゲット検出処理は、その位相補正值による位相補正が為されたビート周波数データにより実行される。

【0 0 5 1】ステップS 2 2において否定された場合、すなわち、すべての素子アンテナチャネルに関する位相補正值の取得がまだ完了していない場合は、ステップS 2 7で対象となる素子アンテナチャネルを変更した後、ステップS 1 0に戻る。

【0 0 5 2】ステップS 1 8において、Q値が前回Q値よりも小さくなってしまった場合には、位相を回転しない方がよかったのであるから、明らかに間違った位相回転を行ったことになる。その場合はステップS 2 4において位相回転 ϕ の方向を反転させてから、ステップS 1 5での回転処理が為される前の当該素子アンテナチャネルのビート周波数データに対して ϕ だけ位相回転を行う。

【0 0 5 3】ステップS 2 4での符号反転が2回目でなければステップS 1 6に戻り、DBF合成演算が再度実行される。もし2回目であれば、 ϕ の符号をいずれにとってもQ値が前回Q値を下回ることになり、すでに、Q値が最大値に近いと判断できる。したがって、その場合はステップS 2 1に移行して、最後に行った位相回転処理の前までの合計位相回転量を記録する。

【0 0 5 4】ステップS 1 1において、これから実行しようとする計算が前回の演算周期において為された位相補正処理の続きであると判断されたときには、前回処理までの位相回転量やQ値が記録保存されているので、それを利用して以後の処理が再開される。

【0 0 5 5】図4は本発明の第2の実施形態であるDBFレーダ装置の構成図である。このDBFレーダ装置は、図1に示す第1実施形態のDBFレーダ装置の変形例である。第1実施形態の受信部4では、RFアンプやミキサなどが素子アンテナチャネル毎にそれぞれ設けられている。一方、これらの高周波アナログデバイスは非常に高価である。

【0 0 5 6】そこで、第2実施形態では、受信部6にはRFアンプやミキサなどの高周波アナログデバイスを一組だけ設け、受信部6と受信用アレーアンテナ2の各素

子アンテナ2 1 (1) ~ 2 1 (n) との間に高速切り換え可能な切換スイッチ3を設けることにより、実質的に第1実施形態と同等のターゲット検出を達成する。受信部6には、RFアンプ6 1およびミキサ6 2の後に、アンプ6 4、フィルタ6 4およびA/D変換器6 5が接続されており、これらは、第1実施形態における一つの素子アンテナチャネルの構成と同じである。

【0 0 5 7】切換スイッチ3は、m個の前段スイッチ3 1-1 ~ 3 1-mと、これらにそれぞれ接続される高周波用アンプ3 3-1 ~ 3 3-mと、後段スイッチ3 2とを有し、素子アンテナ2 1 (1) ~ 2 1 (n) のいずれか一つを受信部6に接続する。切換スイッチ3での切り換えは高速で行われ、たとえば、変調周波数が数百Hzでビート周波数が数十から数百kHzとした場合、数MHz ~ 数百MHzで切り換えが行われる。これにより、各素子アンテナ2 1 (1) ~ 2 1 (n) で受信した受信信号が時分割多重されてシリアルに受信部6に送られデジタルビート信号としてデジタル信号処理部5に供給される。デジタル信号処理部5では、これを各素子アンテナチャネル別に戻すことにより、実質的に素子アンテナチャネル別のデジタルビート信号が取得される。

【0 0 5 8】素子アンテナチャネル別のデジタルビート信号に基づくターゲット検出処理および位相補正処理は第1実施形態と同様であるので説明は省略する。

【0 0 5 9】

【発明の効果】以上のように、本発明のDBFレーダ装置は位相補正手段を備え、この位相補正手段によれば、既に検出されたターゲットに関するビート周波数データを用いて素子アンテナチャネル別の位相補正值を取得することができるので、位相補正のための特別なハード構成が不要であり、しかも、位相補正処理の実施が、点検整備時に限定されない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態であるDBFレーダ装置の構成図。

【図2】その動作を示すフローチャート。

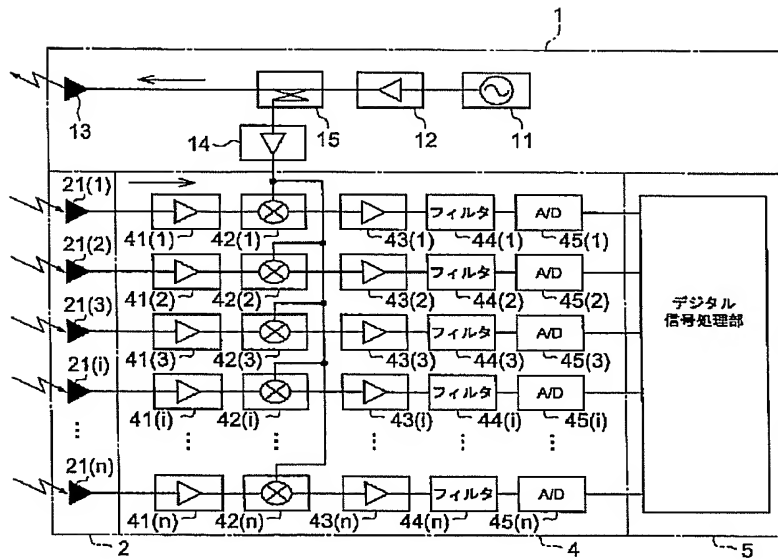
【図3】走査方向の信号レベルプロファイルを示すグラフ。

【図4】本発明の第2の実施形態であるDBFレーダ装置の構成図。

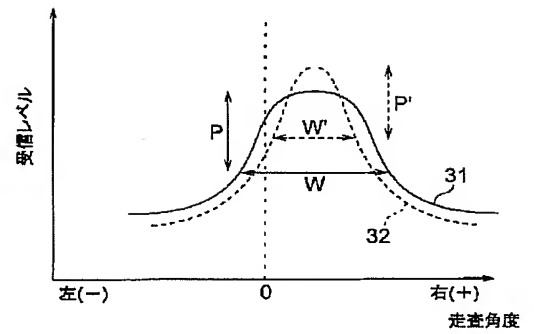
【符号の説明】

1…送信部、2…受信用アレーアンテナ、3…切換スイッチ、4、6…受信部、5…デジタル信号処理部、2 1 (1) ~ 2 1 (n) …素子アンテナ。

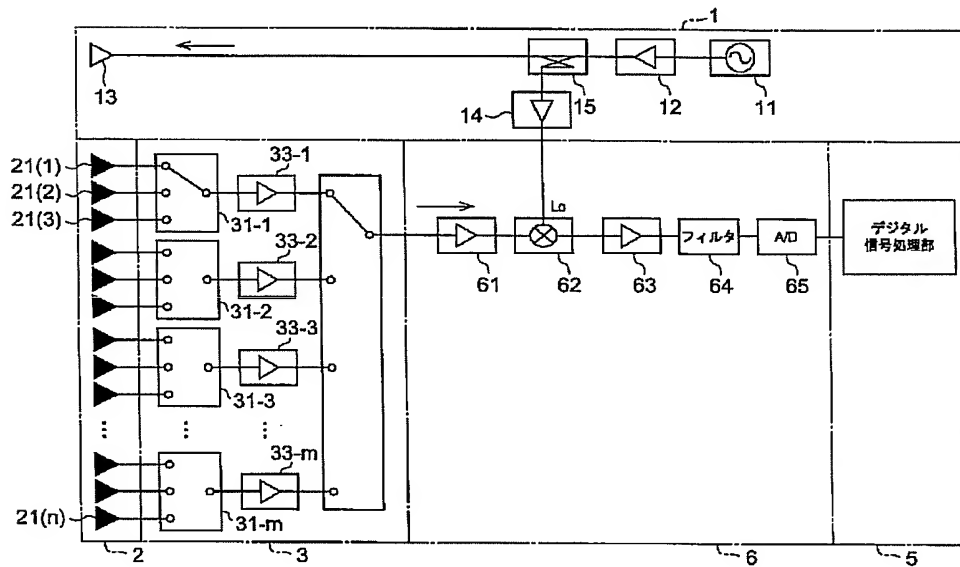
【図1】



【図3】



【図4】




```

graph TD
    Start([スタート]) --> S1[S1: 演算周期毎の  
タイマ割り込み]
    S1 --> S2[S2: A/D]
    S2 --> S3[S3: FFT]
    S3 --> S4[S4: DBF]
    S4 --> S5[S5: ターゲット検出]
    S5 --> S10{S10: 演算時間  
余裕あり?}
    S10 -- YES --> S11{S11: 計算続き?}
    S10 -- NO --> End([エンド])
    S11 -- YES --> S12{S12: R1<ターゲット距離<R2  
かつシングルターゲット?}
    S11 -- NO --> End
    S12 -- YES --> S13[S13: FFTデータを記録]
    S12 -- NO --> End
    S13 --> S14[S14: 初期Q値計算]
    S14 --> S15[S15: i番chのFFTデータを  
φ(deg)回転]
    S15 --> S16[S16: DBF]
    S16 --> S17[S17: Q値計算]
    S17 --> S18{S18: Q ≥ 前回Q?}
    S18 -- YES --> S20{S20: Q増加率 < ΔQ?  
又はそのchにつきm回  
計算?}
    S18 -- NO --> S24[S24: φの符号反転]
    S20 -- YES --> S21[S21: i番chのトータル  
回転量を記録]
    S20 -- NO --> S24
    S21 --> S22{S22: 全てのch終了?}
    S22 -- YES --> S23[S23: 各chのトータル回転量(位相  
ずれ量)を位相補正值に加える]
    S22 -- NO --> S27[S27: chを変更]
    S23 --> End
    S24 --> S25[S25: i番chのFFTデータを  
φ(deg)回転]
    S25 --> S26{S26: 2回目の  
符号反転?}
    S26 -- YES --> S24
    S26 -- NO --> S27
    S27 --> S1
  
```

通常ルーチン

演算周期毎の
タイマ割り込み

S1

A/D

S2

FFT

S3

DBF

S4

ターゲット検出

S5

演算時間
余裕あり?

YES

NO

計算続き?

YES

NO

R1<ターゲット距離<R2
かつシングルターゲット?

YES

NO

FFTデータを記録

S13

初期Q値計算

S14

i番chのFFTデータを
φ(deg)回転

S15

DBF

S16

Q値計算

S17

Q ≥ 前回Q?

YES

NO

Q増加率 < ΔQ?
又はそのchにつきm回
計算?

YES

NO

i番chのトータル
回転量を記録

S21

全てのch終了?

YES

NO

各chのトータル回転量(位相
ずれ量)を位相補正值に加える

S23

chを変更

S27

2回目の
符号反転?

YES

NO

φの符号反転

S24

i番chのFFTデータを
φ(deg)回転

S25

2回目の
符号反転?

YES

NO

エンド